

Sound & Science: Digital Histories

Archives NAG: Publicatie No. 9 van de Geluidstichting. Zwicker, C. (1936). Acoustische problemen bij de betonbouw, Delft: Geluidstichting, 1936

<https://acoustics.mpiwg-berlin.mpg.de/text/publicatie-no-9-van-de-geluidstichting>



Scan licensed under: [CC BY-SA 3.0 DE](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/) | Max Planck Institute for the History of Science

ACOUSTISCHE PROBLEMEN BIJ DE BETONBOUW.

Voordracht, gehouden voor de Betonvereniging op 4 Maart 1936 te 's-Gravenhage

DOOR

prof. dr. C. ZWIKKER.

PUBLICATIE No. 4
VAN DE
GELUIDSTICHTING
DELFT - HOLLAND

Acoustische problemen bij de betonbouw.

Voordracht gehouden voor de Betonvereniging, op 4 Maart 1936 te 's-Gravenhage

door

prof. dr. C. ZWIKKER.

Inleiding.

Naast de vele uitmuntende eigenschappen, die men aan de betonbouw kan toeschrijven, staat één ongunstige, en wel de grote gehorigheid. Deze eigenschap deelt de betonbouw met de andere der beide moderne bouwwijzen, de ijzerskeletbouw. Het schijnt, dat geluidstrillingen gemakkelijk worden voortgeplant en met de hoorbare trillingen ook de voelbare, die van de hoorbare alleen maar verschillen door de frequentie, maar overigens fysisch van hetzelfde karakter zijn.

De grondoorzaak van deze klachten is het feit, dat het gehele bouwwerk een monoliet is geworden. De materiaalonderbrekingen en -overgangen van de oudere bouw zijn verdwenen. Deze materiaalovergangen betekenden een weerstand voor de verspreiding der mechanische trillingen, die we later horen of weten. Men beweert bijvoorbeeld, dat in New York's skyscrapers een geklonken ijzerskelet minder gehorig is dan een gelast, uitsluitend, omdat de klinknagels toch nog niet volkomen één geheel vormen met de ijzerbalken.

§ 1. Vergelijking van beton met andere bouwmaterialen.

Want op zichzelf is beton niet zo sterk verschillend van hout, wat betreft zijn acoustische eigenschappen. Van ijzer kan dit niet gezegd worden, dat wijkt wel ongunstig af. Slaat men op een ijzeren balk, dan hoort men hem luid klinken, slaan op een betonbalk of op een houten balk geeft geluid van dezelfde orde van sterkte, maar veel minder dan het slaan op de ijzeren balk.

In het onderstaande tabelletje zijn enige acoustische eigenschappen verenigd: ¹⁾

grenenhout:	$C_l = 4900$ m/sec.	$D = 0,0300$ bel.
beton	3700	0,0180
baksteen	2325	0,0085
ijzer	5170	0,0010

C_l is de voortplantingssnelheid van longitudinale golven. D is de dempingsconstante. Men kan D definiëren door de formule:

$$E_t = E_0 10^{-\frac{D}{T}}$$

waar T de trillingstijd, E_t de energie ten tijde voorstelt. Een door een staaf voortlopende golf wordt per seconde verminderd met $D\gamma$ decibel per seconde, waarin γ de frequentie is van de trilling. Alle materialen vertonen de eigenschap, dat hoogfrequente trillingen sterker uitdempen dan laagfrequente en wel is de demping per trilling een materiaal-constante D . Is, na een zekere weg afgelegd te

hebben, de energie verminderd met een factor 10, dan zegt men, dat het trillingsniveau 1 bel minder is geworden; 10 keer zo kleine demping geeft de factor $1,26 = 10^{0,1}$ en komt overeen met een vermindering van het trillingsniveau van 1 decibel of 0,1 bel. Weliswaar vertoont hout een grotere demping dan beton, de grootte-orde van D is voor hout, beton en baksteen hetzelfde, alleen voor ijzer wijkt de grootte-orde af. Om een factor 10 (10 decibel) in intensiteit te dalen, moet een toon van 500 per./sec. afleggen in de vier genoemde materialen:

grenenhout :	10 decibel — afstand =	326 m.
beton :		410
baksteen :		550
ijzer :		10200

De hier genoemde afstanden gelden voor een toonhoogte van 500 sec.⁻¹. Voor hogere tonen is de afstand korter, voor lagere tonen langer en wel omgekeerd evenredig met de frequentie.

We zien uit het laatste staatje, dat beton niet zo vreselijk afwijkt van hout en baksteen, wat betreft de geluidsvoortplanting. Het is trouwens wel bekend, dat in een blok van gemetselde woningen, dat niet onderbroken is door stegen of spouwen, een piano door het gehele blok heen is te horen. Dat toch beton zo veel slechter naam heeft gekregen dan hout en steen moet dus wel gezocht worden in de consequent doorgevoerde samenhang, niet alleen van de muur, maar ook van de vloeren. Hout, dat slechts in geringe lengten verkrijgbaar is, vereist so-wie-so onderbrekingen, zodat in de houten bouw nooit gehorigheidsklachten zijn opgetreden.

§ 2. Verschillende trillingssoorten.

Wat voor avonturen beleven de trillingen, als ze onderweg zijn door het beton? Twee dingen: ze veranderen van karakter en ze worden gereflecteerd.

We moeten namelijk 3 soorten van trillingen onderscheiden, longitudinale, transversale en buigingstrillingen. (Zie fig. 1, 2 en 3). Behalve in de wijze van trillen, onderscheiden zich deze trillingen door haar voortplantingssnelheden en door haar demping. Voor beton zijn de getallen:

Longitudinaal	: $c = 3700$ m/sec.	$D = 0,018$ bel.
Transversaal	: $c = 1790$	0,018
Buigingstrillingen	: $c = 24 \sqrt{v}$	0,036

De voortplantingssnelheid der buigingstrillingen hangt van de frequentie af; zij is aanzienlijk kleiner dan de voortplantingssnelheid van longitudinale en transversale golven.

Nemen we als voorbeeld weer een golf van 500 perioden/sec dan is $c_{\text{buiging}} = 540$ m/sec. De afstand, af te leggen om 10 decibel vermindering van intensiteitsniveau te

¹⁾ E. MEYER, Z.V.D. I. 76, 957, 1934.

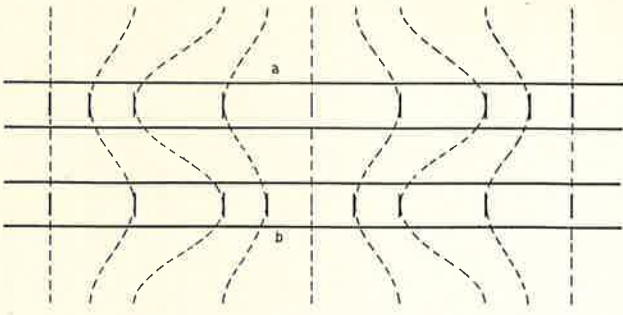


Fig. 1. Longitudinale trillingen.

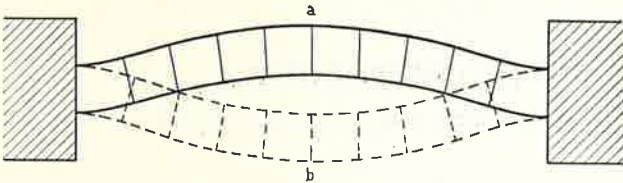


Fig. 2. Transversale trillingen.

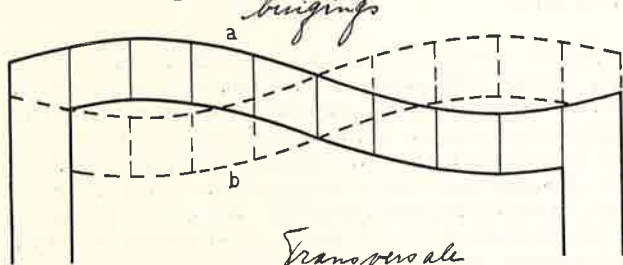


Fig. 3. Transversale buigings trillingen.



Fig. 4. Voortplanting trillingen bij hoeken.

krijgen is, weer voor een toon van 500 perioden per sec.:

Longitudinaal	: 10 decibel — afstand: 410 m.
Transversaal	: 200 m.
Buigingstrilling	: 30 m.

Zouden we bij punt A op een beton-balk slaan, dan zouden we in een punt B seismografisch de drie soorten trillingen na elkaar kunnen constateren, zoals dat ook het geval is bij aardbevingen.

Op hoeken gaan de verschillende buigingssoorten in elkaar over. Een longitudinale golf, die aankomt van A, zal naar C voortgaan als een transversale golf, doordat de bewegingsrichting der deeltjes nu loodrecht staat op de voortplantingsrichting. Tevens zal de van A af komende storing trachten de muur BC in buigingstrilling te brengen.

De energie-overdracht om de hoek heen gaat echter niet met een rendement van 100 %; een gedeelte van de energie wordt teruggekaatst en wel geldt de formule, dat de reflectie-coëfficiënt r gelijk is aan:

$$r = \left(\frac{c_2 d_2 - c_1 d_1}{c_2 d_2 + c_1 d_1} \right)^2;$$

zoals theoretisch wordt afgeleid.

Is $d_2 = d_1$, dan is $r = \left(\frac{c_1 - c_2}{c_1 + c_2} \right)^2 = 0,12$, d.w.z. 12 %

van de energie wordt teruggekaatst. Dezelfde reflectie-coëff. treedt op, als in plaats van een longitudinale een transversale golf aankomt.

De overgang in buigingstrilling gaat nog moeilijker. Vloeren en muren kunnen echter in sterke buigingstrilling komen, doordat de eigenfrequentie van hun buigingstrillingen in het gebied der hoorbare tonen ligt. In dat geval delen de vloeren een aanzienlijk bedrag aan energie mee aan de lucht, ofschoon in de buigingstrillingen zelf een betrekkelijk klein percentage van de trillingsenergie zit.

§ 3. De verstrooiing der trillingsenergie.

Men kan de dikten d_1 en d_2 zo kiezen, dat al het geluid de hoek omgaat, dat er dus aanpassing is. Dan moet $c_2 d_2 = c_1 d_1$. Komt van A longitudinale trilling, dus $c_1 > c_2$, dan moet $d_2 > d_1$ gekozen worden. Komt van A transversale trilling, dan moet $d_2 < d_1$ zijn. Komt de trilling van de verkeerde kant, dan is er geen aanpassing en treedt een reflectie op van 36 %.

Theoretisch is voor alle ribben en hoeken, waar muren of balken samenkomen, te berekenen, wat de doorlating is.

Enkele gevallen mogen hier nog genoemd worden:

4 even dikke wanden; longitudinaal invallende trilling van onderen. Verdeling: 4/9 gaat recht door, 1/9 keert terug, naar elke zijkant gaat 2/9.

Zelfde wanden, invallende trilling transversaal. Verdeling net andersom als hierboven, resp. 1/9; 4/9; 2/9; 2/9.

Gemiddeld; transversaal 2 keer gerekend: 2/9 gaat recht door; 3/9 gaat terug, naar elke zijkant gaat 2/9.

Dikteverhouding 1 op 2. Invallend geluid, longitudinaal: Verdeling: 1/4, 1/4, 1/4, 1/4. Dikteverhouding 1/2. Invallende trilling transversaal: 1/25 gaat recht door, 16/25 keert terug, naar elke zijkant 4/25.

Gemiddeld, transversaal dubbel gerekend: 0,11 gaat door; 0,51 keert terug, naar elke zijkant 0,19.

Plaat-paal:

Trillingen in de staaf longitudinaal: 0,95 keert terug, 0,05 doorgelaten. Trillingen in de staaf transversaal: 0,85 keert terug, 0,15 doorgelaten.

Gemiddeld: 88 % gereflect., 12 % doorgelaten.

d. Verbreiding: Reflectie is $\left(\frac{d_2 - d_1}{d_2 + d_1} \right)^2$, zowel voor long. als voor transversale golven, dus als $d_2 = 2 d_1$, bedraagt

$$\text{de reflectiecoëff.: } r = \left(\frac{1}{3} \right)^2 = \frac{1}{9}.$$

De verdeling der energie, uitgaande van een storingsbron, is na enige tijd volkomen onoverzichtelijk. In ieder geval heeft de reflectie aan hoeken etc. wel tot gevolg, dat de storing grote omwegen aflegt, alvorens ergens aan te komen, waardoor de demping in het beton groter is geworden en een ongebreidelde uitbreiding voorkomen wordt. Daar staat tegenover, dat in de nabijheid van de storingsbron de trillingen des te sterker zijn en daar dus aanleiding kunnen geven tot buigingstrillingen en het in beweging zetten van klankstralende lichte oppervlakken.

§ 4. Beton heeft acoustisch ook zijn goede kant.

We spraken tot nu toe over de slechte acoustische eigenschappen van beton. Hier staat echter tegenover, dat in andere opzichten beton het wint van de andere bouwmethoden. Deze vertonen het gebrek, dat muren en vloeren niet hermetisch dicht zijn. Houten vloeren vertonen naden, sluiten niet tegen de muur aan. Gemetselde muren vertonen openingen, waar de specie wat karig is aangebracht. Al deze openingen, die men in elke massabouw aantreft, betekenen geluidlekken. Nog erger geluidlekken zijn drijfstenen, die op zichzelf poreus zijn. Dergelijke al of niet bewust gemaakte openingen kunnen bij de betonbouw achterwege blijven. Alle vloeren zijn als één geheel en aan de muur vast te gieten.

Waar beton dus verre achterstaat bij de conventionele bouwmethoden wat het contactgeluid betreft, heeft het voordelen op het punt van luchtgeluid, d.i. het geluid, dat van de geluidbron door de lucht het oor van den waarnemer bereikt.

Natuurlijk is het niet uitgesloten, dat de betonnen vloer

tegenvalt. Men moet er geen gaten in maken voor het doorlaten van pijpen voor de centrale verwarming. Waar deze niet te missen zijn, moeten de openingen goed aangevuld worden met mastiek e.d.

Een dichte vloer zal het geluid des te beter tegenhouden, naarmate hij dikker en zwaarder is. Dit mag echter ook weer geen aanleiding zijn tot het maken van excessief dikke vloeren, omdat vanaf een bepaalde dikte de isolatie van de vloer al beter is dan van de ramen, die op de beide boven elkaar liggende verdiepingen via de buitenwereld een middel geven tot acoustische communicatie.

Wat wel voorkomen moet worden, is het optreden van krimp- of belastingscheuren. Het schijnt, dat haarscheurtjes van $\frac{1}{4}$ mm in beton voorkomen en niet schadelijk zijn voor de wapening en daarom getolereerd worden. Het is echter zeer de vraag, of ze acoustisch wel toelaatbaar zijn. Een scheur van $\frac{1}{400}$ mm breedte laat 50 keer zo veel geluid door als men geometrisch zou verwachten, speciaal voor de lage tonen; het geluid wordt als het ware naar de spleet toegezogen. Een vloer van 10 bij 10 m, dik 20 cm, die over zijn gehele lengte één dergelijke scheur vertoont, laat door een fractie $\frac{1}{4}$ van het geluid, d.w.z. heeft een isolerend vermogen van slechts 26 db., terwijl zonder deze éne haarscheur het isolerend vermogen tegen luchtgeluid zou zijn 60 db. Wanneer er nabehandlingspreparaten zijn, die de scheurvorming tegengaan, hebben deze wel degelijk een acoustische betekenis.

§ 5. Zwevende vertrekken:

De betonbouw is uit een acoustisch oogpunt dus vooral gevaarlijk wegens de voortplanting van het contactgeluid. Dit bezwaar is te bestrijden door:

- De geluidsbron te isoleren van de bouw.
- De verblijven te isoleren van de bouw.
- De bouw te isoleren van de bodem.
- De opwekking van het geluid te voorkomen.

ad. a en b: De storingsbron kan ter gelegener tijd op elk willekeurig punt van de vertrekken worden gezocht, het is daarom juist, alle vertrekken „zwevend” in de betonbouw te plaatsen, d.w.z. van het beton gescheiden door verende en/of door dempende stoffen.

Door middel van lichtbeelden werden enige eenvoudige uitvoeringsvormen van verende oplegging en ophanging getoond en wel van het plafond, de vloer en de zijwand of betimmering. Het zijn juist plafond en betimmering, die door hun meertillen het contactgeluid weer omzetten in luchtgeluid. Door te zorgen, dat ze de trillingen van de betonbouw niet kunnen meemaken, worden ze in het spelen van deze rol gestoord. Ze kunnen ook omgekeerd werken, namelijk als microfoon. Door zwevende bevestiging zullen ze ook in omgekeerde richting het door hen opgenomen luchtgeluid niet in contactgeluid omzetten. Constructieve complicaties blijven zich voordoen bij de aansluiting van een wandbetimmering aan deuren en ramen. Zitten deze laatste zonder voorzorgen in de betonbouw, dan zijn zij de geluidstralers. Ze moeten dus ook zwevend worden aangebracht en liefst geïsoleerd worden van de betimmering.

Het zwevend houden van ramen en deuren is niet te bereiken door een rubber- of vilt aanslag, omdat in de hengen toch contact van hard op hard materiaal bestaat. De isolatie moet hier al eerder worden aangebracht, namelijk bij het inbouwen van de kozijnen. De moeilijkheid schuilt in de tegenstrijdige eisen van geluidisolatie en sterkte. De juiste constructie hangt erg af van de bijzondere omstandigheden, maar is in principe gelijk aan de isolatie van een machine.

§ 6. Voorkoming van onnodig geluid.

Machines moeten geïsoleerd worden. Enige wijzen van isolering werden getoond.

Veerpotten zijn zeer geschikte instrumenten om zowel de trillingen als het geluid van de machines tegen te houden.

Alles, wat lawaai kan maken, moet worden voorkomen; buizen, waardoor water of stoom gaat, moeten ook worden geïsoleerd; zo ook het loopvlak in gangen of onder smal-

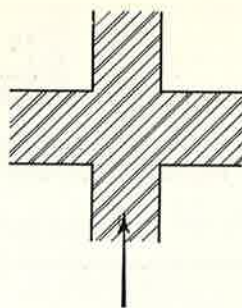


Fig. 5. 4 even dikke wanden.

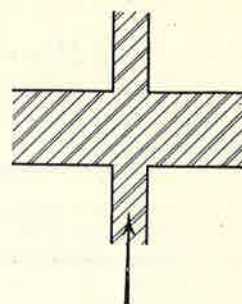


Fig. 6. Dikteverhouding wanden 1 op 2.

spoor (bibliotheek, archief). Het klappen van deuren wordt tegengegaan door een rubber- of vilt aanslag; bovendien kan de verspreiding van het geluid door het gebouw worden tegengegaan door de kozijnen geïsoleerd aan te brengen. Bijzondere aandacht verdienen de liften en haar machines, de machinerie van de air-conditioning, speciaal de compressoren van de waterinjectie.

Ook van belang is, alle lawaai-veroorzakende werkzaamheden te concentreren, het gebouw in een stil en bedrijvig gedeelte te splitsen. Een dergelijke stilte-geografie is alleen door te voeren bij de allereerste opzet van de bouwplannen.

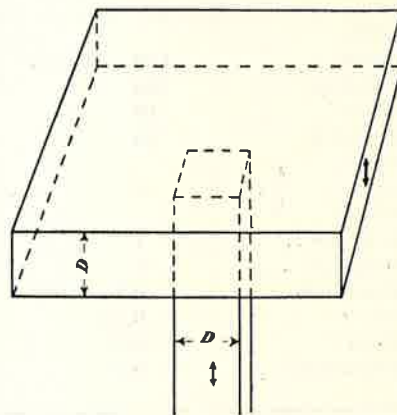


Fig. 7. Plaat-paal.

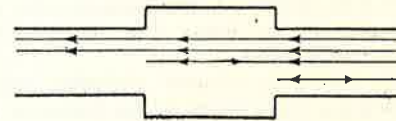


Fig. 8. Verbredening.

§ 7. Isolatie van de funderingen.

Tot op zekere hoogte kan in de fundering isolatie worden aangebracht; praktisch toegepast is de isolatie van een ijzeren frame van de betonfundering door middel van gasafteerde kurk. Het gehele ijzerwerk is door kurk omgeven. KATEL heeft in Frankrijk deze isolatie met kurk meermalen toegepast, ook tussen beton en beton, fundering en kolommen. In Amerika trekt men lood-asbest-sandwiches voor boven kurk.

Andere isolatie-lagen zijn: afwisselend ijzerplaten en houtvezelplaten, alleen te gebruiken in droge omgeving; sandwiches van lood met erin asbest of rubber. Deze sandwiches zijn ook te gebruiken in natte omgeving, de loden mantel is alzijdig te sluiten en hermetisch af te dichtten. Het bezwaar van deze mat is, dat zij niet erg meegeeft, een groot voordeel, dat zij wel hoge drukken kan uithouden.

Eveneens tot hoge drukken bruikbaar is harde kurk, gasafteerde en door staalbanden bij elkaar gehouden.

Wanneer men wil isoleren in vlakken, waarop geen grote druk wordt uitgeoefend, dan bestaan er nog zeer veel meer materialen. Hieronder wordt een lijstje gegeven van materialen, vermeldende de maximaal toelaatbare belasting en de elasticiteitsmodulus.

Goede isolatie is losse grond. Van veel belang is echter, dat het grondwater niet tot aan het gebouw reikt. Gescheiden fundamente moeten zo ver mogelijk uit elkaar worden gehouden. Om redenen van symmetrische belasting zullen de dwarsbalken elkaar in het algemeen kruisen en door elkaar heen gaan. Fig. 9 laat U enige mogelijkheden

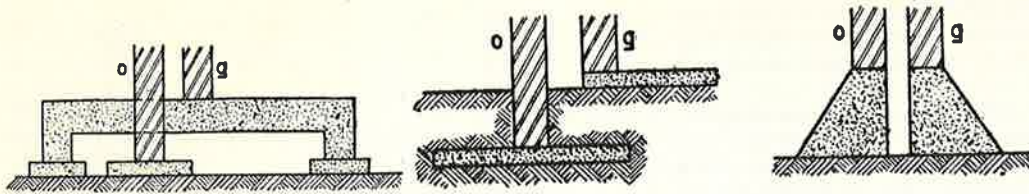


Fig. 9. Isolatiemuren door middel van gescheiden fundamenteën.

	Max. Bel.	E.
IJzer	—	2.000.000 kg/cm ²
Hout	—	88.000
Estrich	—	1.500
Haarvilt 1	100 kg/cm ²	1.500
Loodasbest	100	550
Korkon	10	500
Haarvilt 2	10	150
Weco 1	} ...	125
Korkon		
Korfund		
Kurkplaat	1	40
Vibroplatte	1	30
Antiseismon	0,8	20
Weco 2	0,75	10
Rubber	0,5	8
Rubberspons ...	0,2	4

zien, een probleem, dat zich voordeed bij de bouw van de A.V.R.O.-studio. Andere constructies zijn toegepast door Slocum bij de bouw van de New-Yorkse bovenbaan-spoorwegstations.

De vraag is, of door omhullen van de fundering met isolerende materialen de mechanische en acoustische trillingen buiten het gebouw zijn te houden. Hierover zijn onder mijn leiding in Delft vele proeven genomen. Daarbij is wel gebleken, dat isolatiemiddelen tussen beton en zandgrond wel enig effect hebben, dat dit echter grotendeels verdwijnt, als men niet ook onder de fundering, dus op de belaste ondergrond, isolatie aanbrengt. Zonder deze isolatie onder druk, dus alleen met isolatie op zijvlakken, is het effect zeer veel minder en te verwaarlozen tegenover het effect van gescheiden funderingen.

Beraadslaging.

Ir. A. A. BOON heeft met genoegen uit de bij de voordracht verstrekte gegevens gezien, dat beton, wat de acoustische eigenschappen van dit materiaal betreft, lang geen slecht figuur slaat in vergelijking met andere materialen, zoals b.v. staal. Zelf is hij altijd van gevoelen geweest, dat beton het geluid vrij goed tegenhoudt en hij begrijpt eigenlijk niet hoe het fabeltje van de groote gehoorigheid hiervan in de wereld is gekomen. Meer nog dan in Nederland is men in het buitenland in dit opzicht op het verkeerde spoor, hetgeen b.v. in Duitsland tot de constructie van allerlei soorten vloeren met holle ruimten heeft geleid, wat toch feitelijk onnoodig is. In het grotendeel pand van ESDERS te Rotterdam, dat geheel als beton-skeletbouw is uitgevoerd, zijn op de bovenverdieping een groot aantal naaimachines in bedrijf. Omtrent de gehoorigheid heeft spr. indertijd een proef genomen door op de lager gelegen verdiepingen door verschillende personen met een chronometer op te laten nemen, wanneer de naaimachines aangezet waren en wanneer deze waren afgezet. Bij contrôle dezer opnamen bleken deze met de werkelijkheid geenszins in overeenstemming te zijn, zoodat gezegd kan worden, dat practisch geen waarneembaar geluid naar de lager gelegen verdiepingen doordrong. De bedoelde vloer was massief en afgewerkt met een estrich van 2 cm dikte. In tegenstelling met de dikwijls onjuiste meeningen,

die hierover gehuldigd worden, kan gezegd worden, dat de monoliet-bouw geluidwerend is.

Door prof. ZWIKKER is haarvilt met een drukvastheid van 100 kg/cm² opgegeven als het isolatiemateriaal

met de grootste vastheid. Aan spr. zijn echter nog bruikbare isolatiemiddelen met een veel grooter vastheid bekend. Zoo is door hem bij den bouw van Restaurant Hotel Parkzicht te Amsterdam een dergelijk materiaal toegepast met een vastheid van 200 kg/cm². Het betrof daar de isolatie van een kegelbaan in de kelderderdieping. Onder de betonkolommen werd het bedoelde materiaal aangebracht, terwijl de vloeren met kurkplaten geïsoleerd werden. Hiermede is het gunstige resultaat bereikt, dat op de beganegrondsverdieping niets van het geraas van de kegelbanen doordringt.

Ir. J. P. HEEDERIK vraagt, waar de A.V.R.O.-studio op zand gefundeerd werd, of deze ondergrond nog aan een nader onderzoek onderworpen werd.

Prof. dr. C. ZWIKKER antwoordt, dat te Delft proeven zijn genomen op ingewaterd zand. Onderzocht is geworden welke de critische afstand voor de binnen- en buitenmuur was. Dit bleek ongeveer 60 cm te bedragen. Op hardere ondergrond, zoals b.v. te New-York, zou deze afstand veel grooter moeten worden.

Ir. J. P. HEEDERIK maakt onderscheid tusschen lucht-geluidsbezwaren en contacttrillingen. Wat de eerste betreft, is beton goed, omdat geen scheuren aanwezig zijn, waar het geluid doorheen kan gaan. Wat geluidsisolatie betreft, is men veelal van meening, dat scheidingswanden van poreus materiaal moeten gemaakt worden. Dit is niet juist, bij den bouw van de Electricische Centrale te Nijmegen is b.v. gebleken, dat juist materiaal met een hoog soortelijk gewicht de beste resultaten gaf.

Ir. J. G. WIEBENGA vestigt eveneens de aandacht op het onderscheid tusschen lucht- en contactgeluiden. Beton is, wat b.v. spreekgeluiden betreft, buitengewoon goed met het oog op de dichtheid en het groote soortelijke gewicht. Waar contactgeluid geweerd moet worden, kan dit door het aanbrengen van isolatie of een estrich-laag voorkomen worden. Wat de kosten betreft, blijkt beton een zeer goed figuur te slaan; uit berekeningen is gebleken, dat inclusief isolatie de kosten bij betonbouw, vergeleken met andere constructies, 5% lager waren.

Bij een keldergebouw met lawaaimakende machines is het, dank zij de toepassing van beton, mogelijk gebleken de isolatiebezwaren te ondervangen. Bij hoogbouw worden door het Bouw- en Woningtoezicht meestal betonconstructies voor de vloeren gewenscht. Dit is volgens sprekers ervaring ook beter dan de bij Woningbouw nog als regel toegepaste houten vloeren.

In de voordracht zijn enkele voorbeelden van opgehangingen plafonds genoemd. Deze kunnen, evenals spouwen, aanleiding geven tot resonantieverschijnselen.

Ir. W. VALDERPOORT vraagt naar aanleiding van een der vertoonde projecties, waarbij een plaat op een kolom was opgelegd, of de reflectie-coëfficiënt onafhankelijk is van de afmetingen van de plaat.

Prof. dr. C. ZWIKKER antwoordt hierop, dat de plaat in het bedoelde geval oneindig groot was gedacht. In de praktijk zal dus wel eenige reflectie optreden.

Ir. J. C. STOFFELS vraagt in hoeverre de overgangswaerstand bij de toepassing van isolatiematerialen, die uit verschillende lagen bestaan, een rol speelt.

Prof. dr. C. ZWIKKER, overgaande tot de behandeling der verschillende nog niet beantwoorde vragen, deelt mede, dat, wat luchtgeluiden betreft, betonconstructies zeer zeker in het voordeel zijn. Poreuze materialen laten meer geluid door dan dichte; echter is de hoeveelheid, die doorgelaten wordt door de poriën, in het algemeen gering; alleen bij drijfsteen is deze wel van belang. Van meer invloed kan zijn een slordige uitvoering van metselwerk, waardoor groote acoustische bekken kunnen ontstaan. Ook kunnen dergelijke lekken zich voordoen bij de toepassing van houten vloeren bij de aansluiting der plafonds. Betonvloeren zouden inderdaad de gehorigheid, waarover nu nog zoo dikwijls geklaagd wordt, grotendeels kunnen doen verdwijnen.

Bij de dubbele vloerconstructies is het dikwijls noodig vloer en plafond te koppelen. Beter is zeker de constructie, waarbij plafonds aan afzonderlijke hangers worden bevestigd, zooals ook in Den Haag om acoustische redenen is

voorgeschreven. Veel hangt hierbij echter van de detailleering af.

Wat ten slotte de door den Heer STOFFELS gestelde vraag betreft: de overgangsweerstand speelt bij de te gebruiken isolatiematerialen inderdaad een rol, zoodat de uit verschillende lagen bestaande materialen in veel gevallen de voorkeur verdienen.

Ir. A. A. BOON zegt prof. ZWIKKER, mede namens het Bestuur en de aanwezige leden en introducés, dank voor zijn aardige voordracht, waarbij de betonbouw weer eens van een ander en voor velen nog nieuw standpunt is bekeken. Het is daarom een leerzame middag geweest en waar prof. ZWIKKER door zijn werkzaamheden te Delft een schat van ervaringen opdoet, mag de hoop uitgesproken worden, dat hij later nog eens bereid gevonden zal worden hierover voor de Betonvereeniging het een en ander te vertellen.

